



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

---

# BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN

## Hygieniska risker för människor och djur

### En litteraturstudie

Eva Jonsson

---

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

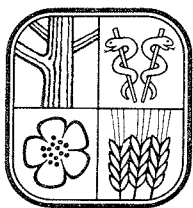
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 107

UPPSALA 1977

ISBN 91-7088-868-X





SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

---

# BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN

Hygieniska risker för människor  
och djur

En litteraturstudie

Eva Jonsson

---

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 107

UPPSALA 1977

ISBN 91-7088-868-X

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid.
FÖRORD	1
ORDFÖRKLARINGAR	2
INLEDNING	4
SJUKDOMAR SOM KAN SPRIDAS GENOM BEVATTNING	6
Bakteriesjukdomar	6
Virussjukdomar	8
Parasitsjukdomar	8
ERFARENHETER AV BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN	9
Utländska undersökningar och erfarenheter	9
Svenska veterinära erfarenheter	11
NORMER FÖR BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN	12
Sverige	12
Västtyskland	13
USA	14
Sydafrika	14
Israel	14
Världshälsoorganisationen	16
Sammanfattande kommentarer	16
FÖRORENINGSSITUATIONEN I SVERIGE	17
Rening av avloppsvatten	17
Mikroorganismer i avloppsvatten	19
PRAKTISKA RÅD OCH ANVISNINGAR	20
Bedömning av vattenkvaliteten	21
Olika grödors krav på vattenkvalitet	22
Sättet att sprida vattnet	25
Grödans behandling och användning efter skörd	26
SAMMANFATTNING	27
REFERENSER	28

## FÖRORD

Vid bevattning användes till över 80 procent ytvatten från sjöar och vattendrag. Detta är ofta förorenat genom avloppsutsläpp. Beroende på de grödor som skall bevattnas måste man därför vara mer eller mindre observant på den hygieniska vattenkvaliteten. Till stöd i sådana sammanhang har föreliggande skrift sammanställts. Den redovisar viss litteratur, tillämpade normer i andra länder samt en utförd inventering av veterinära erfarenheter på området i vårt land. Skriften har sammanställts av agronom Eva Jonsson, tidigare verksam vid institutionen för mikrobiologi, Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet ingår tillsammans med en del andra frågor i projektet "Studier av vattenanskaffningsfrågor i samband med bevattning", vilket bearbetas vid avdelningen för lantbrukets hydroteknik med undertecknad som projektledare. En arbetsgrupp med representanter för lantbruksstyrelsen, lantbruksnämnderna, naturvårdsverket, fiskeristyrelsen och lantbruksuniversitet, under ordförandeskap av avdelningschef Henry Gustafsson, medverkar som samordnare av olika aktiviteter inom projektets ram.

Ett flertal personer har direkt medverkat eller lämnat viss rådgivning vid arbetets tillkomst. Landets länsveterinärer har sålunda genom lantbruksstyrelsens förmedling i en brevintervju välvilligt meddelat sina erfarenheter inom området ifråga. Länsveterinär Gunnar Fogdegård, Uppsala, byrådirektör Gunnar Karlsson vid länsstyrelsens naturvårdsenhet i Uppsala och ingenjör Franz Wagenberg-Stam vid Uppsala stads reningsverk har konsulterats rörande olika problem under arbetets gång. Professor Otto Ronéus vid statens veterinärmedicinska anstalt och agr.dr Lennart Torstensson vid institutionen för mikrobiologi samt laborator Viktor Tullander vid statens naturvårdsverk har granskat manuskriptet och givit värdefulla synpunkter på detsamma. Till samtliga riktar författare och projektledning ett varmt tack.

Arbetet har utförts med medel från statens jordbruksnämnd.

Uppsala den 27 december 1977

August Håkansson

Eva Jonsson

## ORDFÖRKLARINGAR

BOD (BS)	<p>Biochemical oxygen demand ("biokemisk syreförbrukning"); förbrukning av syre vid biokemisk oxidation av ämnen i vatten; anges i mg syre/liter.</p> <p><u>Lösligt BOD</u> åsyftar det värde som erhålls från enbart de lösta ämnena i vatten.</p> <p>I Sverige bestäms vanligen värdet under 5 eller 7 dagar och kallas då <math>BS_5</math> resp. <math>BS_7</math>.</p>
Fekala koliforma bakterier	Se koliforma bakterier
Infektionsdos	Det lägsta antal organismer som behövs för att framkalla sjukdom hos en individ
Karenstid	Här: den tid som bör passera mellan sista bevattningen och skörd, betning eller annat tillvaratagande av grödan
Koliforma bakterier	<p>Bakterier som kan växa i närvaro av gallsyror, och som bildar syra och gas från laktos inom 48 timmar. Vid odlingstemperaturen <math>37^{\circ}\text{C}</math> tillväxer <u>koliforma bakterier</u>. Höjs temperaturen till <math>44^{\circ}\text{C}</math> tillväxer <u>termotabila koliforma bakterier</u> = <u>fekala koliforma bakterier</u>, vilka i huvudsak utgörs av tarmbakterien <i>Escherichia coli</i>, jfr även vattenanalys</p>
Kontaminera	Här: nedsmutsa, sprida smitta
Mikroorganism	Här avses främst bakterier och virus
Mastit	Juverinflammation
Patogen	Sjukdomsframkallande eller med förmåga att framkalla sjukdom
Oreglerad bevattning	Här: bevattning utan restriktioner med avseende på gröda och tidpunkt, även känsliga grödor som konsumeras i rått tillstånd

Recipient	Här: hav, sjö eller vattendrag som mottar renat eller orenat avloppsvatten
Spor	Förökningskropp hos vissa organismer
Termostabila koliforma bakterier	Se koliforma bakterier
Vattenanalys	<p>Här åsyftas bakteriologisk undersökning av vatten, i vilken totalantalet bakterier, antalet koliforma samt antalet termostabila koliforma bakterier bestäms.</p> <p>Totalantalet bakterier ger en uppfattning om förekomsten av heterotrofa, snabbväxande bakterier, som i närvaro av syre kan växa på rika substrat. Hög halt av bakterier antyder därför att vattnet innehåller organiska föroreningar.</p> <p>Antal koliforma bakterier skall utgöra tecken på att vattnet tillförts tarmuttömningar. Då även bakterier från jord och vegetation fångas in av den använda analysmetoden, är det dock ett ospecifikt mått.</p> <p>Termostabila koliforma bakterier indikerar att vattnet <u>nyligen</u> tillförts tarmuttömningar från människor eller varmblodiga djur och därmed anges, att det även kan finnas levande patogena organismer i vattnet.</p>
Våmförskämning	Allvarlig störning av mikrofloran i våmmen, som yttrar sig i förgiftningssymptom.



## INLEDNING

Mikroorganismer finns överallt där liv kan existera och ofta i stora mängder. I varje enskild miljö utvecklas en mikroflora som är optimalt anpassad till där rådande betingelser. Mikroorganismer som i mindre antal kommer in i en främmande miljö t.ex. tarmorganismer i avloppsvatten eller jordorganismer i våmmen hos en ko, utkonkurreras i de flesta fall snabbt. Om däremot ett mycket stort antal mikroorganismer tillförs störs balansen i systemet, miljöns självreningsförmåga sätts mer eller mindre ur spel och det tar längre tid innan de främmande organismerna avdöds och jämvikten återställts. I orörda miljöer är det alltså ovanligt att någon mikroorganism kan föröka sig ohämmat eftersom konkurrensen om näring och utrymme är hård. Om den naturliga mikrofloran däremot har förstörts, exempelvis genom upphettning eller desinfektion, finns det ingen konkurrens och tillförda mikroorganismer kan föröka sig ohämmat. Hos växter och djur finns det även andra försvarssystem som bidrar till att kontrollera främmande mikroorganismer. I det följande belyses förhållandena i några olika miljöer av särskild aktualitet i detta sammanhang.

Vatten: De föroreningar som främst bidrar till att sänka vattenkvaliteten ur hygienisk synvinkel är tarmuttömningar från människor och djur. Avloppsvattnet från våra tätorter renas nu i betydande grad, varvid antalet mikroorganismer som kommer ut i vattendragen minskar. Några av de faktorer som påverkar avdödningen av de tillförda organismerna i vattnet är förutom mikrofloran även temperaturen, mängden ljus, vattnets flödes hastighet och utspädning samt mängden tillgängligt syre. I tabell 1 visas exempel på hur länge några olika mikroorganismer kan överleva i vatten. Värdena får inte betraktas som absoluta, eftersom de kan variera kraftigt med olika slags vatten, antalet tillförda organismer m.m.

Tabell 1. Exempel på överlevnadstider för några olika organismer i vatten.

Organism	Överlevnadstid alt. procentuell reduktion under viss tid
Kolibakterier	98-99 % under 10 dagar
Tyfoidebakterier	4-11 dagar
Salmonellabakterier	16 dagar
Tuberkelbakterier	5 månader
Tarmvirus	2-188 dagar
Bandmaskägg	33 dagar

Källor: (1, 2, 3, 4, 5, 6)



Allmänt gäller att virus i regel är mera motståndskraftiga mot ogynnsamma miljöbetingelser än flertalet bakterier. Parasitägg är synnerligen motståndskraftiga och kan överleva under mycket lång tid. De försök som siffrorna i tabell 1 grundar sig på är inte utförda under sinsemellan jämförbara betingelser, men man kan ändå av dem dra den slutsatsen att sjukdomsframkallande organismer kan överleva i vatten under tillräckligt lång tid för att fortfarande kunna framkalla sjukdom, när de överförs genom bevattning.

Växter: De tarmorganismer som genom bevattningsvattnet överförs till växternas yta utsätts där för en ganska ogynnsam miljö. Speciellt verkar solsken, hög temperatur och växternas mikroflora avdödande. Organismer som hamnar i bladveck eller på andra mera skyddade ställen på växten har bäst möjlighet att överleva.

Jord: Miljön i jorden är inte lika ogästvänlig som den på växternas yta, eftersom den ger skydd för solskenet. För övrigt rör det sig om ett komplicerat samspel mellan olika faktorer som bestämmer de främmande organismernas överlevnad. Vid normal bevattning kan man räkna med att huvudparten av de tillförda organismerna har försvunnit inom 2-3 månader. Parasitägg kan dock överleva under betydligt längre tid (7).

Livsmedel och fodermedel: Mikroorganismer kan föröka sig mycket snabbt, om de hamnar i miljöer, där den naturliga mikrofloran inte kan utöva sin hämmande inverkan. I värmebehandlade livsmedel eller fodermedel, som infekteras efter värmebehandlingen, kan en sådan kraftig tillväxt äga rum. Sådana livsmedel kan vara kallnande kötträtter, såser och pajer. På fodermedelssidan kan det röra sig om hetlufttorkat foder. Bristen på konkurrens samt den goda tillgången på näring gör att även ett fåtal organismer kan föröka sig explosionsartat och kanske även bilda gifter. Vad man speciellt är rädd för i detta sammanhang är att salmonellasmitta skall spridas och vålla matförgiftningar.

Människor och djur: Hos människor och djur finns ett väl utvecklat försvar mot främmande mikroorganismer. För att en sjukdom skall bryta ut krävs det att en rad faktorer samverkar. Den infekterande organismen måste vara tillräckligt infektiös samt förekomma i tillräckligt antal (tillräcklig infektionsdos) och värden måste vara mottaglig. För värdens mottaglighet spelar art, ålder, kondition, näringstillstånd och eventuella andra sjukdomstillstånd en viktig roll.

I fråga om enkelmagade djur (människa, gris bl.a.) är saltsyran i magsäcken ett viktigt skydd mot att främmande mikroorganismer kommer ut i matsmältnings-

kanalen. Djur med sammansatt mage, idisslare (ko, får, get), är känsligare, eftersom deras första magavdelning, våmmen saknar detta skydd. I våmmen finns det en noga avstämd mikroflora. Om det kommer in ett stort antal främmande mikroorganismer med födan kan balansen rubbas, vilket kan ge allvarliga ämnesomsättningsrubbningar. Ett av de första tecknen på något sådant kan vara mastitutbrott.

#### SJUKDOMAR SOM KAN SPRIDAS GENOM BEVATTNING

I avloppsvatten som innehåller tarmuttömningar från människor eller djur finns det höga antal mikroorganismer. De flesta av dessa är tarmorganismer, som i regel är ofarliga, t.ex. *Escherichia coli*, men det kan även förekomma sjukdomsalstrande organismer. Dessa uppträder vanligen i låga antal och de kan vara av mycket skiftande slag alltefter de sjukdomar som förekommer. Man kan i det sammanhanget notera, att det inte behöver förekomma några sjukdomar i akut stadium hos de individer från vilka avloppsvattnet kommer för att det skall kunna uppträda sjukdomsframkallande organismer i avföringen. Såväl människor som djur kan vara smittbärare och smittspridare under lång tid utan några synbara sjukdomstecken.

Sjukdomssituationen i Sverige är normalt ganska god. Vi är tack vare vårt avskilda läge, klimatet, den höga levnadsstandarden och goda hygien förskonade från många allvarliga sjukdomar. En viss införsel av sjukdomsalstrande organismer äger emellertid rum genom turism och invandring. Tropiska sjukdomar som införs kan knappast förväntas få något fotfäste här med tanke på klimatet och vår hygieniska standard. Några viktiga sjukdomar som skulle kunna spridas vid bevattning med förorenat vatten i Sverige anges i tabell 2.

#### Bakteriesjukdomar

Tyfoid och paratyfoid liksom en rad mildare mag- och tarmbesvär hör till de sjukdomar som orsakas av salmonellabakterier. Tvärtemot vad man ofta tror förekommer sådana bakterier vanligt i naturen, kanske alldeles speciellt hos fåglar. Av salmonellabakterier finns det ett stort antal typer och de flesta av dem kan vålla sjukdom hos både människor och djur. Viktiga undantag är emellertid tyfoid- och paratyfoidbakterierna, vilka endast framkallar sjukdom hos människor.

Tabell 2. Sjukdomar som skulle kunna spridas vid bevattning med förorenat vatten i Sverige.

Sjukdom	Vållas av	Drabbar		Betydelse
		människa	djur	
Bakteriesjukdomar:				
Tyfoïd	Salmonella typhi	*		(xx)
Paratyfoïd	S. paratyphi B	*		(xx)
Salmonellos	Salmonellatyper	*	*	xx
Tuberkulos	Mycobacterium tuberculosis,	*	*	(x)
	M. bovis		*	(x)
Kolera	Vibrio cholerae	*		(xx)
Magsjukdom	patogena Escherichia coli	*	*	xx
Virussjukdomar:				
Många olika sjukdomar	virus av olika slag	*	*	xx?
Parasitsjukdomar:				
Inälvsparasiter	{människans obehäpnade bandmask,	*		x
	{nötdynt		*	xx
( ) kan bli betydelsefull om den skulle uppträda i Sverige				
x viss betydelse				
xx relativt stor betydelse				

För flertalet salmonellaarter krävs det en hög infektionsdos,  $10^6 - 10^9$  st, för att sjukdom skall utbryta. Även i det avseendet skiljer sig tyfoïd- och paratyfoïdbakterierna från övriga arter genom att infektionsdosen är relativt låg. Det behövs sålunda endast något hundra- eller tusental bakterier av den förre arten och ytterligare något mera av den senare för att i vissa lägen åstadkomma sjukdomsutbrott. Detta gör att tyfoïd- och paratyfoïdbakterier relativt lätt kan överföras i tillräckligt antal med hygieniskt otillfredsställande bevattningsvatten och vålla sjukdom, om de bevattnade växterna konsumeras i rått tillstånd.

När det gäller de andra ovan nämnda arterna består riskerna främst i att de kan kontaminera mat- och foderberedningsplatser, vattentäcker etc. och där få möjlighet att föröka sig. Frekvensen av salmonellafall brukar uppfattas som ett mått på ett lands hygieniska standard. I vårt land har vi relativt små salmonellaproblem. Normalt förekommer det i Sverige något hundratal fall hos människa

per år.

Ifråga om tuberkulos är risken mindre för överföring genom bevattning än genom mera direkt smitta. Sådillvida smittas nötkreatur lättare, om det finns en smittbärande individ på samma bete än om betet bevattnas med vatten, som innehåller tuberkelbakterier. Orsaken till detta kan ligga i att bakterierna skyddas bättre i naturliga utsöndringar som träck, slem, livmoderutsöndringar o.dyl. än i vatten, åtminstone om de största partiklarna avlägsnats från vattnet genom slamavskiljning. För människor var tidigare mjölken en viktig förmedlare av smitta, men genom pastöriseringens införande har denna smittoväg mist sin betydelse. Tuberkulosen verkar visserligen åter vara på fram-marsch, men det årliga antalet fall i Sverige är dock inte stort. Orsaken till ökningen kan vara, att det bland invandrarna finns smittbärare.

En av våra vanliga tarmbakterier, *Escherichia coli*, kan ibland vara sjukdoms-alstrande. En stor del av späddgris- och späddkalvsdödligheten vållas av sådana bakterier, varvid djuren utsätts för våldsamma diarréer. Även barn och äldre personer kan drabbas, men det är här ovanligare med dödsfall, eftersom hygie-nen allmänt är avsevärt högre. *Escherichia coli* kan också ge upphov till en rad andra infektioner såsom t.ex. i ögon, urinblåsa m.m.

#### Virussjukdomar

Virus av många olika slag är vanligt förekommande i avloppsvatten. Kunskapen om dem är inte så stor, eftersom man först nyligen utvecklat metoder att odla dem. De problem de vållar är av många skilda slag och sjukdomssymptomen är ofta ganska diffusa. Det är därför troligt, att virusinfektioner är betydligt vanligare än vad man förut trott. Infektionsdosen kan för vissa virus vara mycket låg, om omgivningsfaktorerna är gynnsamma, t.ex. i en lungalveol. Ris-ken med luftburen smitta kan sålunda under ogynnsamma omständigheter vara stor. Hur stor risken för smittöverföring genom virus mera allmänt är i här aktu-ellt sammanhang är emellertid svårt att uppskatta. Eftersom det bereder svår-igheter att avskilja virus från förorenade vatten med hjälp av vanliga re-ningsmetoder och virus allmänt är mera motståndskraftiga mot ogynnsamma yttre betingelser än flertalet bakterier, bör man vara observant på de risker som kan föreligga.

#### Parasitsjukdomar

På parasitsidan är det känt, att det finns påtagliga risker. Människans obe-väpnade bandmask förekommer i Sverige, och ägg av densamma har enligt en

undersökning av Socialstyrelsen (8) konstaterats i avloppsvatten. Dess mellanstadium, nötdyntet, har legat på samma frekvensnivå under de sista åren (0,2 - 0,5 % av slaktade nöt).

Äggen följer med människans avföring ut och kan transporteras med det utgående vattnet förbi reningsverken. Om sådant vatten används för bevattning av betesvallar kan nötkreaturen smittas, varvid äggen utvecklas i deras kroppar till dynt. Människan infekteras genom att äta rått eller otillräckligt upphettat nötkött, som inte varit djupfrost, t.ex. rå köttfärs eller råbiff). En dansk undersökning av Jepsen och Roth (1) visar, att nötdynt inte upptäcks i den vanliga köttbesiktningen på slakterierna i full utsträckning.

Den stora och lilla leverflundran är besvärliga parasiter hos våra husdjur. Risker för att de skall spridas vid bevattning med förorenat vatten är dock inte stor, eftersom de kräver mellanvärdar för sin utveckling och dessa uppstår äggen från fekalierna. Dessutom förekommer mellanvärderna för stora leverflundran endast på sankar beten, där bevattning ej är aktuell.

De här uppräknade sjukdomarna och parasiterna är naturligtvis bara ett fåtal av alla som skulle kunna spridas genom bevattning. Några andra som skulle kunna få viss betydelse i Sverige är: dysenteri, brucellos, listerios, tularemi, spolmask, binnikemask m.m. Deras förekomst eller sätt att infektera sin värd gör det dock inte så troligt, att de skulle kunna få någon mera omfattande betydelse.

## ERFARENHETER AV BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN

### Utländska undersökningar och erfarenheter

I flera länder har man praktisk erfarenhet av användning av förorenat bevattningsvatten. Det har också utförts försök i avsikt att klarlägga de risker som kan uppstå vid denna användning. En del av dessa erfarenheter delges nedan.

Vid bevattning av grönsaker kan förorenat vatten vålla allvarliga sjukdomsutbrott, särskilt om grönsakerna äts i rått tillstånd. Som exempel kan nämnas en koleraepidemi, som inträffade 1970 i Jerusalem med 250 sjukdomsfall under en period av 6 veckor. Orsaken till epidemin var att stadens avloppsvatten blivit kolerainfekterat, troligen av smittbärande resenärer. Grönsaker hade sedan reglementsstridigt bevattnats med icke renat avloppsvatten. Kolerabakterier kunde påvisas i avloppsvattnet och i den jord som bevattnats med sådant

vatten vid tiden för epidemins utbrott (9). Latringödsling av grönsaker kan likaledes medföra risker för smittspridning.

Grönsaker ställer givetvis speciellt stora krav på att bevattningsvattnet ur hygienisk synpunkt är invändningsfritt. Vid bevattning av många andra grödor är riskerna för smittspridning inte lika framträdande.

Smittrisen vid betesdrift har studerats i ett flertal undersökningar. Dessa synes visa, att riskerna för betesdjurens hälsa avtar i betydande grad, om betessläppningen sker minst 14 dagar efter bevattningstillfället (10, 11, 12, 13, 14, 15). Den största risken utgör sannolikt parasiterna. I Danmark har det utförts försök som visar, att ägg från människans obehäpnade bandmask överförs med avloppsvatten och kan infektera kalvar som går på bevattnat bete, trots att vattnet fått sedimentera två timmar före användningen. Författarna visar också, att frekvensen av nötdynt i slaktkroppar är betydligt högre än vad som framgår av slakteriernas köttbesiktning (1).

Även hö kan överföra smitta. Floden Stör i Västtyskland översvämmade under en vårperiod lågt liggande vallarealer från vilka man sedan tog hö. Detta hö gavs som tillskottsfoder åt småkalvar. Dessa insjuknade sedan i salmonellainfektioner. För att utröna om orsaken verkligen var nedsmittat hö, ympade man in salmonellabakterier dels på torrt hö och dels på gräs som torkades till hö. I båda fallen kunde man ännu efter 11 månader påvisa livskraftiga salmonellabakterier (16).

Man måste också beakta risken för luftburen smitta. Vid spridarbevattning har fekala koliformer kunnat påvisas i luften upp till 400 meter ifrån spridaren i vindriktningen. Spridning av virus bör kunna ske över ännu längre sträckor, eftersom den droppstorlek som erfordras för transporten kan vara mycket liten. Små droppar liksom dammpartiklar kan stiga till höga höjder och transporteras långa sträckor. Speciellt vid fuktig väderlek (dimma, dis) torde förutsättningarna vara goda, eftersom dropparna inte torkar in så fort. Man misstänker att mul- och klövsjuka på detta sätt förts över från Danmark till Skåne.

Vid solsken torkar dropparna in snabbt. Detta medför en rad koncentrationsförändringar, som kan antas ha avdödande effekt på den eller de mikroorganismer som förs med dropparna. Enligt andra motsäggande uppfattningar äger förändringarna rum så snabbt, att resultatet kanske snarare blir en skyddande effekt som vid frystorkning (17).

Avloppsvattnets reningsgrad har givetvis också stor betydelse för bedömning av infektionsrisken. En amerikansk litteraturstudie visar, att man vid bevattning med biologiskt renat och klorerat avloppsvatten inte kunnat påvisa några sjukdomsutbrott, om vattnet i alla avseenden behandlats på avsett sätt (6). Avloppsvatten som inte varit högradigt renat och klorerat eller där någon av behandlingarna inte skett på ett riktigt sätt, har däremot kunnat vålla problem om det använts för bevattning.

#### Svenska veterinära erfarenheter

Under våren 1976 gjordes en förfrågan till landets länsveterinärer angående eventuell förekomst av infektioner, sjukdomsfall, försämrat allmänt hälsotillstånd eller liknande, som kunde härledas till bevattning med ur hygienisk synpunkt förorenat vatten.

Svaren på denna enkät gav vid handen, att man inte kunde ange några klart dokumenterade fall av bevattningsburen smitta. Vissa misstänkta fall anmälades dock. Sålunda rapporterades enstaka mastitutbrott i en större besättning i Mellerud, vilka misstänktes bero på bevattningsvatten av dålig kvalitet. Även från Skene rapporterades distriktsveterinären misstanke om bevattningsvattnet som orsak till en ökad mastitfrekvens. Sambandet mellan bevattningsvattnets kvalitet och förekomsten av sjukdomsfall i besättningarna är emellertid inte lätt att med säkerhet fastslå.

Indirekt har bevattning dock i ett fall troligen gett upphov till salmonella-utbrott hos betesdjur. I Södermanlands län bevattnades begränsade arealer av betesvall under den extremt torra sommaren och hösten 1975. Till dessa områden sökte sig rikligt med vitfågel (troligen avses fiskmåsar eller liknande fåglar), som lämnade efter sig stora mängder träck. Detta ansågs vara den troligaste orsaken till den salmonellaepidemi som utbröt bland betesdjuren.

Enkäten tog också upp verkningarna av översvämningar i här berört avseende. Därvid framkom, att foder från översvämmade vallar synes ha gett upphov till sjukdomsutbrott i flera fall, t.ex. mastiter och nötdyngtangrepp. Från Väster- norrlands län rapporterades fall av våmförsämning, som troligen orsakats av att betet översilats med ytvatten.

I Vetlandatrakten avled några ungdjur på bete, som översvämmats av vatten från ett vattendrag, vilket tjänade som recipient för ett reningsverk. Strax innan översvämningen hade bottenlammet rensats upp. I detta hade det tydligen fun-



nits sporbildande bakterier, som vid upprepningen och den efterföljande översvämningen förts ut över betesmarken och orsakat djurens död. I flera fall har hö och ensilage från översvämmade vallar lett till hälsostörningar av olika slag.

Orsakerna till att det rapporterades många fler problem orsakade av översvämning än av bevattning kan kanske bero på att man är mera observant på att det i det förra fallet har hänt något ovanligt, något utanför den vanliga odlingsgången. En annan orsak kan vara, att de tillförda mikroorganismerna avdödas effektivare i bevattningssituationen, eftersom växternas mikroflora då är intakt och fullt verksam. Avdödningsen genom solsken m.m. sker även effektivt. Under vattenytan i ett översvämningssområde har troligen de tillförda mikroorganismerna större möjligheter att överleva eftersom de inte utsätts för lika ogynnsamma betingelser. Man kan även förvänta sig att eventuella skador på växterna förvärras i samband med översvämningen och att eventuellt nya uppstår. I sådana skadade vävnadspartier kan de tillförda organismerna överleva under lång tid. De kan t.o.m. klara en desinfektion av den skördade grödan, då de sitter mycket skyddat. I grönmassa från översvämmade arealer kan antalet mikroorganismer vara så stort, att om den används för ensilering kan den önskade mjölksyrabildningen störas och en feljäsning äga rum. I samband med denna kan det lätt uppstå en rad giftiga substanser som gör fodret olämpligt till föda. I fråga om hö kan även mikroorganismer överleva trots torkningen. Hamnar de senare i en mera gynnsam miljö, kan de åter bli aktiva. Det behöver med andra ord inte förekomma patogena organismer i det översvämmade vattnet för att det skall kunna uppstå problem. Det är fullt tillräckligt med höga antal banala organismer. Naturligtvis förvärras situationen om det också finns patogener närvarande.

#### NORMER FÖR BEVATTNING MED FÖRORENAT VATTEN

##### Sverige

I Sverige finns det inga fastställda normer angående kvalitetskrav på bevattningssvatten. Hälsovårdsstadgan ger dock möjlighet att förbjuda saluförandet av produkter som kan befaras vara otjänliga som människoföda (18).

Förhållandena är likartade i de övriga nordiska länderna. Flera andra länder har däremot utfärdat normer över vilken kvalitet ett bevattningssvatten måste hålla för att få användas till olika grödor. Innehållet i normer från några olika länder redovisas nedan.

### Västtyskland

I Västtyskland finns det detaljerade anvisningar (19) för användningen av avloppsvatten till bevattning. Ett nytt förslag till anvisningar har utarbetats men ännu inte antagits (20). I båda fallen delas bevattningsvattnen in i tre kategorier:

- a) hygieniskt sett invändningsfritt vatten
- b) hygieniskt sett ej invändningsfritt vatten
- c) höginfekterat vatten.

Till kategorin hygieniskt sett invändningsfritt vatten räknas dricksvatten, källvatten, grundvatten och vatten från vattendrag i naturligt tillstånd. Avloppsvatten från industrier kan ibland anses som invändningsfritt från hygienisk synvinkel, men det skall analyseras för att fastställa vilken kategori det tillhör. Det invändningsfria vattnet får användas för bevattning av alla grödor.

Vatten innehållande tarmuttömningar från människor eller djur räknas som hygieniskt sett ej invändningsfritt. Det måste först slamavskiljas för att få användas. Ej invändningsfritt vatten får användas för bevattning av foder- och sockerbetor, industripotatis och oljeväxter. Ifråga om matpotatis och spannmål får bevattning äga rum fram till tidpunkten för blomning. Grönfoderväxter och vallar får inte bevattnas senare än 14 dagar före skörd respektive betning.

Grönsaker som konsumeras råa liksom jordgubbar får överhuvudtaget inte bevattnas med vatten som klassats i denna grupp. Enligt den gamla normen får grönsaker som skall konsumeras råa samt jordgubbar ej heller odlas på arealer som året innan bevattnats med hygieniskt ej invändningsfritt vatten. Ifråga om grönsaker, som skall kokas eller beredas på annat sätt före konsumtion, erfordras enligt den gamla normen särskilt tillstånd, om man önskar bevattna med hygieniskt sett ej invändningsfritt vatten. De nu nämnda kraven har slopats i det nya normförslaget.

Bevattningen får inte ske så att omgivningen kan utsättas för risker. Omkringliggande områden, bostäder, trädgårdar etc. skall skyddas genom att vattentrycket anpassas och helst genom skyddsplanteringar med träd eller häckar eller genom skyddsområden. För att förhindra infektioner genom foder- eller livsmedel skall noggranna växtföljds- och bevattningsplaner göras upp.

Den tredje gruppen, höginfekterat vatten, utgöres av icke värmesteriliserat

vatten från sjukhus, slakterier, destruktionsanstalter och liknande. Vatten av denna typ får inte alls användas för bevattning inom jordbruks- eller trädgårdsnäringarna.

De tyska anvisningarna anger inga gränsvärden för maximalt antal tillåtna organismer eller avstånd till områden som skall skyddas mot luftburen smitta. Inte heller sägs något om användbarheten av vatten som renats längre än genom slamavskiljning.

#### USA

De amerikanska kvalitetskriterierna på bevattningsvatten accepterar 1 000 fekala koliformer/100 ml som högsta värde på vatten för oreglerad bevattning. Gränsvärdet grundar sig på undersökningar som visar, att vid detta eller lägre värden bör halterna av patogena organismer vara tillräckligt låga för att inga risker skall uppstå för människor eller djur. Avloppsvatten i obehandlat tillstånd får inte spridas ut på jordbruksmark i USA. Primärt behandlat avloppsvatten (slamavskilt) får användas till grödor som inte är avsedda för human konsumtion. Sekundärt behandlat avloppsvatten (biologiskt renat) får användas till bevattning av grödor som konserveras eller behandlas på liknande sätt före försäljning. Det påpekas också, att det inte finns tillräckligt mycket information tillgänglig för att man skall kunna ställa upp några kvalitetskriterier vad gäller vattnets innehåll av växtpatogener (21).

#### Sydafrika

Enligt den sydafrikanska normen får grödor som är avsedda för human konsumtion i rått tillstånd inte bevattnas alls med avloppsvatten även om det är höggradigt renat. I övrigt krävs det att bevattningsvattnet skall innehålla mindre än 1 000 *Escherichia coli* (fekala koliformer)/100 ml för att få användas och att det därjämte är tertiärt behandlat, dvs. mekaniskt, biologiskt och kemiskt renat. För användning i träd- och vingårdar skall det även vara klorerat och man får inte använda sig av spridarbevattning (22).

#### Israel

De israeliska normerna är influerade av de amerikanska och överensstämmer med dessa utom i fråga om gränsvärdet för oreglerad bevattning. Här har en skärpning skett, från 1 000 fekala koliforma bakterier till 100 koliforma bakterier/100 ml.

Ett nytt förslag till mera detaljerade normer har emellertid utarbetats. De för svenska förhållanden tillämpliga delarna av detta förslag återges i sam-

mandrag nedan. För att få en uppfattning om storleksordningen på de nedan angivna BOD-värdena kan de jämföras med  $BS_7$ -värdena i tabell 5, sid. 18. Se även ordförklaringar.

#### Grupp A

Tillåtna grödor: Industriella grödor, t.ex. spannmål och sockerbetor; bevattning av grönfodergrödor måste upphöra 5 dagar före skörd.

Vattenkvalitet: Lösligt BOD skall vara lägre än 50 mg/l i 80 % av testerna. Alternativt skall vattnet efter att ha passerat sedimenteringsbassängerna ha en minsta uppehållstid av 10 dagar i oxidationsbassänger.

Övrigt: Avloppsvattnet får inte användas inom 300 m från bebyggda områden och 50 m från vägar.

#### Grupp B

Tillåtna grödor: Fruktdodlingar får bevattnas, men vattnet får ej komma i beröring med frukten; sista bevattningen måste utföras minst en vecka före skörden och tappade frukter får ej samlas upp. Grönsaker som äts efter koking, grönsaker med oätbara skal samt frukter och grönsaker som konserveras får bevattnas.

Vattenkvalitet: Lösligt BOD skall vara lägre än 30 mg/l i 80 % av testerna; antalet fekala koliformer skall vara lägre än 200/100 ml.

Övrigt: Avloppsvattnet får inte användas inom 200 m från bostadsområden eller 20 m från vägar.

#### Grupp C

Tillåtna grödor: Alla grödor, inklusive gräsmattor och parkplanteringar, utom bladgrönsaker som sallad, blomkål, kål, kronärtskockor, persilja, selleri och jordgubbar. Bevattningen måste upphöra 72 timmar före skörden.

Vattenkvalitet: BOD skall vara lägre än 15 mg/l i 80 % av testerna; antalet fekala koliformer skall undersökas minst 10 gånger i månaden och uppgå till mindre än 100-200/100 ml.

Övrigt: Avloppsvattnet får ej användas inom 100 m från bostadsområden och inte så nära vägar att dess träffas av vattnet.

#### Grupp D

Tillåtna grödor: Alla grödor.

Vattenkvalitet: Allmänt BOD skall vara lägre än 20 mg/l och lösligt BOD lägre än 10 mg/l. Det skall finnas mindre än 15 mg/l av suspenderat mate-

rial. Antalet koliformer skall vara lägre än 10/100 ml och det får inte finnas några fekala koliformer. Avloppsvattnet skall ha desinficerats genom kontakt med klor i minst 2 timmar, av vilka en timme skall övervakas.

Detta utkast till regler avser spridarbevattning. Används annan typ av bevattning, där vattnet kommer i mindre kontakt med grödan kan någon eller några av reglerna mildras (23).

#### Världshälsoorganisationen (WHO)

Även Världshälsoorganisationen har studerat möjligheterna att använda avloppsvatten för bevattningsändamål. En särskild arbetsgrupp har bearbetat denna fråga och upprättat förslag till krav på erforderlig rening under olika förhållanden. Ett sammandrag av detta förslag redovisas i tabell 3 (9).

Tabell 3. Världshälsoorganisationens förslag till krav på rening av avloppsvatten avsett för bevattningsändamål.

Vattenbehandling	Grödor för ej direkt human konsumtion	Grödor för direkt human konsumtion	
	Vattenkvalitet A	efter kokning Vattenkvalitet B eller C	i rått tillstånd Vattenkvalitet C
Slamavskiljning, mekanisk rening	erforderlig	erforderlig	erforderlig
Biologisk rening	ej erforderlig	erforderlig	erforderlig
Sandfiltrering el- ler motsvarande	ej erforderlig	erforderlig ibland	erforderlig ibland
Desinfektion	ej erforderlig	erforderlig ibland	erforderlig

Erforderlig vattenkvalitet:

A: frihet från fasta partiklar, avsevärt borttagande av parasitägg.

B: som A, samt därjämte avsevärt borttagande av bakterier.

C: som A, samt inte mer än 100 koliforma organismer/100 ml i 80 procent av proven.

Källa: (9).

#### Sammanfattande kommentarer

De refererade normerna är uppställda på olika sätt och därför svåra att jämföra direkt. Allmänt gäller dock att för grödor som spannmål, oljeväxter och liknande kan avloppsvatten, som är låggradigt renat, användas, medan för grönsaker, som är avsedda att ätas i rått tillstånd, krävs dricksvatten eller myc-

ket långt renat avloppsvatten. Normen från USA utgör här ett undantag, då 1 000 fekala koliforma bakterier/100 ml accepteras för oreglerad bevattning. Detta värde motsvarar vad som accepteras som lägsta kvalitet för badvatten vid strandbad i Sverige (24).

Normerna är anpassade för direkt användning av mer eller mindre renat avloppsvatten. Under svenska förhållanden är det vanligt att det renade avloppsvattnet späds ut i det mottagande vattendraget. Vattnets självrenande förmåga får då större möjlighet att verka och risken för att sjukdomsframkallande organismer skall överföras med bevattningsvattnet minskar.

## FÖRORENINGSSITUATIONEN I SVERIGE

### Rening av avloppsvatten

Under senare år har situationen ifråga om avloppsvattnens rening i Sverige förbättrats väsentligt. De 83 procent av Sveriges befolkning som 1975 bodde i samhällen med mer än 200 invånare fick sitt avloppsvatten renat på följande sätt:

helt utan rening	0,4 procent
renat genom sedimentering	6,0 "
biologiskt renat	36,0 "
kemiskt eller biologiskt/kemiskt renat	57,0 "
komplementärt behandlat (filtrering eller annan behandling)	0,2 "

Den del av avloppsvattnet som inte behandlades kom till största delen från glesbygdernas befolkning. Detta avloppsvatten innehåller ofta mindre mängd föroreningar per person räknat och de vattendrag som tjänar som recipienter har i de flesta fall en god självreningskapacitet. En förteckning över svenska reningsverk med avseende på storlek och reningsmetod lämnas i tabell 4.

Vid flertalet reningsverk ingår flera steg i reningsprocessen. Tabell 5 visar hur olika reningssteg kan ingå i skilda reningsförfaranden och hur reningen principiellt går till. Vidare anges värden på restmängderna av  $BS_7$  och fosfor efter olika behandlingar (jämför med värdena i det israeliska förslaget till handlingsnormer sid. 15). Några olika enskilda behandlingsmetoders effektivitet ur hygienisk synpunkt belyses i tabell 6.

8

Ett reningsverks effektivitet beror dels på vilka reningssteg som ingår samt i vilken ordning de kommer och dels också i hög grad på hur väl det fungerar.

Tabell 4. Fördelningen av svenska reningsverk med avseende på storlek och reningsförfarande.

Reningsmetod	Antal kommunala avloppsreningsverk				Totalt
	Antal anslutna personer				
	< 1 000	1 000–5 000	5 000–20 000	> 20 000	
Slamavskiljning	274	40	4	2	320
Biologisk rening	384	121	45	22	572
Biodamm	158	23			181
Biobädd	30	25	8	4	67
Aktivt slam	196	73	37	18	324
Kemisk och biologisk kemisk rening	268	208	75	33	584
Direktfällning	53	28	8	4	93
Efterfällning biobädd	7	13	7	2	29
Efterfällning aktivt slam	203	160	50	20	433
Förfällning	1	2	6	5	14
Simultanfällning	4	5	4	2	15
Kemisk och biologisk kemisk rening med slutfiltrering	2	3	1		6
Övriga (vakuumanläggningar, jonbrytare)	2	1			3
Summa	930	373	125	57	1 485

Ur Rennerfelt, J. & Ulmgren, L.: Vattenreningsteknik. (25)

Tabell 5. Principiellt schema över reningssteg i olika reningsförfaranden samt vissa resthalter.

RENINGSFÖRFARANDE		PRINCIPSCHEMA Anordningar för vattenbehandling	RESTHALT	
Huvudavdeln.	Underavdelningar		BS <sub>7</sub> mg/l	Fosfor mg/l
Mekanisk rening	Slamavskiljning	[S]	80–120	4–6
Biologisk rening	Aktivt slamrening	[S] [L] [S]	15–30	3–5
Mek. + kemisk rening	"Direktfällning"	[S] [F] [S] ↑ Kemikalietillsats	50–70	0,5–0,8
Biologisk + kemisk rening	Aktivt slamrening + kemikalietillsats i luftningsbassängen "simultanfällning"	[S] [L] [S] ↑ Kemikalietillsats	Al 20–40	0,6–1,0
		Fe 15–25		0,4–0,7
	Aktivt slamrening + efterföljande kemisk rening "efterfällning"	[S] [L] [S] [F] [S] ↑ Kemikalietillsats	5–15	0,2–0,4
Kemisk + biolog. rening	Aktivt slamrening + kemisk tillsats i försedimentering "förfällning"	[S] [L] [S] ↑ Kemikalietillsats	10–20	0,4–0,6
Biolog. kemisk filtrering	Aktivt slamrening + kemisk rening + filtrering	[S] [L] [S] [F] [S] [Filtr.] ↑ Kemikalietillsats	5–10	0,1–0,2

Ingående avloppsvatten har följande sammansättning: BS<sub>7</sub> = 120 – 170 mg/l, P<sub>tot</sub> = 4 – 6 mg/l  
F = FLOCKNING    L = LUFTNING    S = SEDIMENTERING

Ur Rennerfelt, J. & Ulmgren, L.: Vattenreningsteknik. (25)



Vid stor belastning, t.ex. efter ett kraftigt regn, är kapaciteten inte alltid tillräcklig för att ta hand om vattnet. En del av det inkommande vattnet måste då kanske bräddas, dvs. släppas ut orenat eller renat i mindre utsträckning än normalt. Vidare kan gifter av olika slag, petroleumprodukter, tungmetaller, biocider m.m. sätta de betydelsefulla biologiska reningsprocesserna ur funktion, och sedan kan det ta avsevärd tid innan de kommer igång igen.

Tabell 6. Olika reningsmetoders effektivitet ur hygienisk synpunkt.

Organism	Procentuell reduktion av inkommande organismantal			
	Sedimentering	Aktivt slam	Biotorn	Kemisk fällning
Tarmbakterier	30-40	85-99	66-99	94-99
Tarmvirus	0-75	40-90	40-60	93-99
Bandmaskägg ( <i>Taenia saginata</i> )	50-99	<50-99	50-99	

Källor: (5, 9, 26, 27, 28)

#### Mikroorganismer i avloppsvatten

I en omfattande avloppsundersökning i Stockholm (8) fann man, att det förekom salmonellabakterier i 45 procent av provtagningarna på renade avloppsvatten som inte klorerats, däribland även paratyfoldbakterier. Virus av främst Echo-typ kunde också påvisas. Det är troligt att det även fanns gulsotsvirus i vattnet, eftersom de är allmänt förekommande och mycket motståndskraftiga. Tyvärr har man ännu inte metoder att påvisa deras förekomst. I utloppsvattnet från reningsverken förekom också vanligen parasitägg av flera olika arter, bl.a. människans obeväpnade bandmask, dess breda bandmask (binnikemask) och spolmask samt hundens spolmask. Det är anmärkningsvärt att så stora partiklar som parasitägg (40-80  $\mu\text{m}$ ) passerar reningsverken i så hög grad. Speciellt ägg av människans obeväpnade bandmask passerar till stor del beroende på att deras sedimentationshastighet är så låg som 0,2 m/timme. Binnikemaskens ägg sedimenterar snabbare, ca 1,0 m/timme, och tas bort i betydligt högre utsträckning. En nyare undersökning av Ronéus och Dalborg (29) bekräftar att det förs ut parasitägg med det renade avloppsvattnet, även när vattnet renas högggradigt, dvs. mekaniskt, biologiskt och kemiskt.

Bakterier och virus förekommer ofta tillsammans med slampartiklar. En god slamavskiljning och kemisk fällning är därför mycket viktig för att man skall kunna få bort så mycket som möjligt av dessa organismer. Det innebär emellertid också, att det avskilda slammet innehåller en stor mängd av dessa organismer tillsammans med de parasitägg som tas bort.

Eftersom det kan förekomma många olika slags patogena organismer i avloppsvatten och de oftast uppträder sporadiskt är man intresserad av att kunna finna ett samband mellan antalet termotabila koliforma bakterier och antalet patogena organismer. Om det finns en sådan korrelation kan man komma ifrån de tidsödande och besvärliga analyserna av patogena organismer och istället nöja sig med att utföra den enklare och snabbare analysen på koliforma bakterier. Korrelationsvärden av detta slag måste nödvändigtvis bli ganska osäkra, men de kan tillmätas en viss vägledande funktion.

Enligt undersökningar refererade i (21) synes 1 000 fekala koliforma bakterier per 100 ml utgöra en lämplig indikationsgräns för förekomsten av salmonellabakterier. Vid högre värden är sannolikheten stor, att det skall finnas salmonellabakterier i vattnet. Sannolikheten för detta sjunker i betydande grad under denna gräns.

Förhållandet mellan antalet tarmvirus och antalet fekala koliforma bakterier är enligt Culp (30) 1:90 000 i avloppsvatten och 1:50 000 i ytvatten. Om dessa värden antas gälla även under svenska förhållanden skulle ett vanligt avloppsvatten med  $10^8$ - $10^{11}$  bakterier/100 ml som renas höggradigt med ca 90 % borttagande av bakterierna ändå kunna innehålla 100-100 000 st tarmvirus/100 ml.

#### PRAKTISKA RÅD OCH ANVISNINGAR

Det kan finnas vissa risker med att använda ytvatten till bevattning om vattnets hygieniska kvalitet är låg. Ofta tjänstgör vattendragen som recipienter för mer eller mindre renat avloppsvatten. Trots att reningssituationen i Sverige idag är god tillförs vattendragen tillräckligt stora mängder mikroorganismer för att det skall kunna uppstå vissa risker, åtminstone teoretiskt sett, om känsliga grödor bevattnas. De organismer som främst kan vålla problem har sitt ursprung i tarmkanalen hos människor eller varmblodiga djur. Eftersom de inte är anpassade till ett liv i vattenmiljön kommer de successivt att avdödas i vattendragen. Ju längre tid som får passera mellan tillförseln av organismerna och bevattningen, ju färre organismer kommer att finnas kvar.

Beroende på hur vattnet används, dvs. hur det tillförs och vilka grödor som bevattnas, kan riskernas storlek påverkas. Av betydelse är även hur grödorna behandlas och används efter skörd. I det följande lämnas några riktlinjer för hur man kan försöka undvika onödiga risker vid bevattning med förorenat vatten.

### Bedömning av vattenkvaliteten

Om man vill använda ytvatten till bevattning, bör man skaffa sig en så god uppfattning som möjligt om vattnets kvalitet. Särskilt viktigt är naturligtvis detta, om man avser att bevattna känsliga grödor såsom grönsaker, betesvallar etc., där riskerna för smittspridning är mera påtagliga. Ett visst underlag för slutsatser ger vattendragets utseende. Finns det rikligt med växtlighet i strandkanten, är siktdjupet litet, luktar vattnet illa eller om gödselpartiklar kan upptäckas är detta tecken på kraftig förorening.

Länsstyrelsernas naturvårdsenheter torde ofta kunna ge upplysningar om förekommande utsläpp och i vilken utsträckning de renas. De utsläpp som är mest allvarliga i detta sammanhang kommer från tätorter, sjukhus, lantbruk, destruktionsanstalter och slakterier (31). Finns det inte några sådana utsläpp, som kan bedömas påverka vattenkvaliteten och är vattnet i övrigt inte utsatt för någon mänsklig påverkan, kan det användas utan nämnvärda risker.

I detta sammanhang kan det erinras om lämpligheten av att förlägga vattenuttaget en bit ut från stranden och inte alltför nära botten. I det stillastående vattnet vid strandkanten liksom i bottenvattnet kan kvaliteten vara sämre. Man bör vidare undvika att suga upp bottenlam eller att virvla upp detta, eftersom det kan innehålla stora mängder mikroorganismer.

I tveksamma fall bör man låta analysera vattnet. Hälsovårdsförvaltningarna i respektive kommuner kan ge upplysningar om vattenanalyser; vart man kan vända sig och hur man skall ta prov m.m. En enda provtagning är inte tillräcklig, eftersom föroreningsmängderna kan variera betydligt. Flera prov bör tas och då gärna någon gång efter ett kraftigt regn, liksom när vattenföringen i vattendraget är som lägst, eftersom man vid sådana tillfällen kan förvänta sig att föroreningsmängden är maximal.

Själva provtagningen bör göras vid den tilltänkta uttagsplatsen (platserna) och på det djup från vilket man tänkt ta vattnet, så att provet blir så representativt som möjligt. Det kan nämligen förekomma skiktningar i vattnet med olika kraftigt förorenade vattenmassor liggande på olika nivåer även ganska långt från ett avloppsutsläpp.

Genom den bakteriologiska vattenanalysen får man veta totalantalet bakterier, antalet koliforma och termotabila koliforma bakterier. Enbart ett högt totalantal behöver inte betyda särskilt mycket, då det ofta rör sig om ofarliga jord- och vattenbakterier.

Antalet koliforma bakterier avser att påvisa föroreningar av tarmuttömningar i vattnet, men det är ett ospecifikt mått, eftersom även bakterier med annat ursprung men med liknande biokemiska reaktioner också ger utslag vid analysen.

Den viktigaste upplysningen om fekal förorening ger antalet termotabila koliforma bakterier. Dessa odlas vid en högre temperatur än de koliforma bakterierna och därmed är det troligt att de nyligen har kommit från tarmuttömningar. De utgörs huvudsakligen av tarmbakterien *Escherichia coli*, vilken anses vara relativt motståndskraftig. När de har försvunnit har troligen även sjukdomsalstrande bakterier avdödats. Med termotabila koliforma bakterier förstås samma sak som med fekala koliforma bakterier (se även ordförklaringar).

#### Olika gröders krav på vattenkvalitet

Olika grödor ställer olika krav på bevattningsvattnets kvalitet. Detta bör beaktas så att riskerna hålls på så låg nivå som möjligt. Grödor som äts i rått tillstånd och som bevattnas nära inpå skörd, t.ex. grönsaker, kräver naturligtvis en bättre vattenkvalitet än grödor som kokas eller behandlas på annat sätt före konsumtion. Eftersom det inte finns några svenska normer för användning av förorenat vatten vid bevattning får de genomgångna utländska normerna tjäna som vägledning för hur man praktiskt kan handla. En översikt över normer från Västtyskland, USA och Israel (förslag) ges i tabell 7.

Såsom tidigare nämnts är de angivna normerna avsedda att tillämpas på avloppsvatten, som används direkt efter reningen utan utspädning i någon recipient (vattendrag, sjö el. dyl.). Den israeliska normen, som är den mest detaljerade, anknyter bäst till i vårt land aktuell avloppsvattenrening (se närmare sid. 17). Den västtyska normen är den minst detaljerade ifråga om vattenkvaliteter. Restriktionerna har här i högre grad lagts på sättet för användningen.

Man kan konstatera, att de strängaste kraven på vattenkvalitet avser grödor för direkt human konsumtion i rått tillstånd såsom grönsaker, frukt och bär, där den västtyska och israeliska normen fordrar dricksvattenkvalitet medan den amerikanska är mera liberal och tillåter upp till 1 000 fekala koliforma bakterier/100 ml. Detta gränsvärde motsvarar det högsta värde som accepteras för badvatten vid strandbad i Sverige (24). Beträffande nu nämnda grödor är det givetvis nödvändigt att vid bevattning hålla noggrann uppsikt över vattenkvaliteten. Använder man ytvatten bör man förvissa sig om kvalitetsegenskaperna genom vattenanalyser. Man är på den säkra sidan, om man följer den väst-

Tabell 7. Översikt över normer från Västtyskland, USA och Israel (förslag) avseende kvaliteten på bevattningsvatten.

Gröda	Erforderlig vattenkvalitet enligt gällande normer och normförslag		
	Västtyskland	USA	Israel
1. Grödor för human konsumtion i rått tillstånd såsom t.ex. grönsaker, frukt och bär	Dricksvattenkvalitet	1 000 fekala koliforma bakterier/100 ml	Inga fekala koliforma bakterier och 10 koliforma bakterier/100 ml; klorering
2. Matpotatis <sup>a)</sup> Frukt och grönsaker som kokas eller på annat betryggande sätt konserveras före konsumtion <sup>b)</sup> Frukt och grönsaker med oätliga skal	Slamavskilt vatten	Biologiskt renat vatten	200 fekala koliforma bakterier/100 ml; biologiskt renat vatten
3. Spannmål <sup>a)</sup> Oljeväxter Industripotatis Rotfrukter Vallar <sup>c)</sup> Grönfoderväxter <sup>c)</sup> d)	Slamavskilt vatten	Slamavskilt vatten	Slamavskilt vatten

- a) Enligt västtyska normen får bevattning ske fram till blomningen  
b) Enligt västtyska normen får bevattning ske endast om tillstånd för bevattning lämnats  
c) Enligt västtyska normen får bevattning ske fram till 2 veckor före skörd  
d) Enligt israeliska normen får bevattning ske fram till 5 dagar före skörd

Källor: (19, 21, 23)

tyska och israeliska normens krav på dricksvattenkvalitet. Den amerikanska normen tyder visserligen på att detta krav är onödigt hårt, men det finns inga undersökningar som visar vilket gränsvärde som i annat fall skulle vara befogat under svenska förhållanden.

Den andra gruppen grödor i tabell 7 omfattar matpotatis samt frukt och grönsaker, som kokas eller konserveras på betryggande sätt före konsumtion, vidare frukt och grönsaker med oätligt skal. Vattenkvalitetskraven är här något mera liberala än för grupp 1. Den israeliska normen anger mindre än 200 feka-  
la koliformer/100 ml och den amerikanska kräver biologiskt renat vatten. Den tyska normen anger slamavskilt vatten men har då i gengäld infört viktiga begränsningar i möjligheterna att utnyttja sådant vatten, vilket närmare framgår av anmärkningarna nedtill i tabell 7. Även ifråga om den nu behandlade grödgruppen har vi i vårt land anledning att vara observanta på bevattningsvattnets kvalitet, och vattenanalyserna utgör det tillförlitligaste underlaget för kvalitetsbedömningen.

Ifråga om den tredje grödgruppen i tabell 7 anger samtliga normer slamavskilt vatten som lägsta acceptabla vattenkvalitet. I denna grupp ingår spannmål, oljeväxter, industripotatis, rotfrukter, vallar och grönfoderväxter. Den tyska normen ger dock viktiga begränsningar i användningen av det enbart slamavskilda vattnet, vilket närmare framgår av tabellen. I vårt land är avloppsvattnet i regel såväl slamavskilt som biologiskt och ibland även kemiskt renat och torde därför ofta väl uppfylla normens krav. Därtill kommer att avloppsvattnet ofta späds ut i den mottagande recipienten innan det utnyttjas för bevattning. Men å andra sidan fungerar inte alltid reningsprocesserna på avsett sätt och avloppsvatten kan i vissa lägen oavsiktligt bräddas ut i recipienterna utan rening. Utspädningen under torra sommarmånader med liten vattenföring och tämligen stillastående vatten är kanske inte heller så betydelsefull. För vattenuttag som ligger i närheten av avloppsutsläpp kan det nog därför vara motiverat att för vallar och grönfoderväxter tillämpa den israeliska eller västtyska normens bestämmelser om 1-2 veckors uppehåll mellan bevattning och skörd/betning. Detta kan troligen bidra till att minska risken för mastitutbrott till följd av dålig hygienisk foderkvalitet. Ju kallare vädret är, desto väsentligare är det att tillämpa det längre tidsuppehållet.

Av vad som tidigare anförts i olika sammanhang framgår, att avloppsvattenreningen innebär en väsentlig reduktion av förekommande smittfarliga organismer. Dessa ansamlas då i avloppsslammet, som därför måste hanteras och utnyttjas med vederbörlig aktsamhet, om det utan sterilisering skall användas i jordbruket.

### Sättet att sprida vattnet

Hur mycket vatten som tillförs samt det sätt på vilket det sprids är även viktiga faktorer när det gäller att minska riskerna. Vid varje bevattningstillfälle bör den tillförda mängden vatten inte vara större än att den kan upptas av jorden. Är mängden större kan överskottet bortföras som ytvatten eller genom dräneringsledningarna. Förorenat vatten kan på så sätt tillföras känsliga recipienter. Även grundvattnet kan förorenas om vattnet inte filtreras effektivt genom jorden, utan rinner ned genom sprickor, rotkanaler, maskgångar m.m. (7).

Om spridarbevattning används bör tillverkarens anvisningar ifråga om storleken på munstyckets hål och vattnets tryck följas. För att undvika för stor vinddrift bör droppstorleken vara större än 500  $\mu\text{m}$  (0,5 mm), refererat i (17). Minskas hålets storlek eller höjs vattentrycket ökar andelen små droppar och därmed risken för luftburen smitta. Speciellt vid blåst och fuktigt väder kan små droppar transporteras över långa avstånd.

För att inte omgivningen skall utsättas för onödiga smittrisker kan det vara betydelsefullt att ha vissa skyddsavstånd t.ex. till vattentäcker, betande djur, bebyggelse och allmänna vägar. Trädplanteringar, höga häckar m.m. utgör ett visst skydd mot luftburen smitta. I det nya förslaget till normer från Israel (23) finns det riktlinjer för hur långa skyddsavstånden bör vara med hänsyn till olika vattenkvaliteter. En något modifierad översikt över detta ges i tabell 8.

Tabell 8. Erforderliga skyddsavstånd vid bevattning med förorenat vatten enligt förslag till normer i Israel.

Vattenbehandling	Avstånd i meter till		
	bebyggelse	bostäder	vägar
Mekanisk rening	300		50
Biologisk rening		200	20
Biologisk och kemisk rening		100	får ej träffas av vattnet

Källa: (23)

Dessa gränsvärden avser spridarbevattning. Används någon annan bevattningsmetod, där vattnet inte finfördelas och sprids på samma sätt, t.ex. droppbevattning, minskar naturligtvis behovet att använda skyddsavstånd. Om vattnet är kraftigt förorenat bör man vara noga med sin personliga hygien, dels för att man inte själv skall bli sjuk och dels för att inte kontaminera sin omgivning.



### Grödans behandling och användning efter skörd

Vid skörd av en gröda som bevattnats med förorenat vatten bör man undvika att få med jord, eftersom oönskade mikroorganismer kan överleva där under längre tid än på växterna. Inställningen av olika skörderedskap bör anpassas så att inte grödan förorenas med jord. Speciellt ifråga om slaghackad grönmassa till ensilering är detta viktigt.

Ifråga om rotfrukter och potatis är det naturligtvis omöjligt att förhindra att jord följer med, men så mycket som möjligt av denna bör man försöka få bort. Det skulle vara bra ur mikrobiologisk synpunkt om matpotatis som bevattnats med förorenat vatten tvättades före saluförandet.

Vinterfoder från vallar eller liknande som bevattnats med förorenat vatten bör konserveras enligt någon säker metod för att undvika hälsostörningar hos djuren. Det är speciellt viktigt om vädret mellan sista bevattningen och skörden var kallt och fuktigt. Hetluftstorkning är den i särklass säkraste konserveringsmetoden, då mikroorganismerna avdödas effektivt. Det färdigtorkade fodret får emellertid inte komma i kontakt med råmaterialet, så att det kan återkontamineras. Ensilering är också en bra metod om man använder något tillsatsmedel som gör metoden säkrare. Syror eller andra pH-sänkande medel är bra. Tillsats av kolhydratrika ämnen (spannmål, gröpe, melass m.m.) kan ge ett osäkrare resultat, men är bättre än ingen tillsats alls. Torkning på slag är ävenledes en bra höberedningsmetod ur sjukdomsförebyggande synvinkel, om vädret är soligt och vackert. Eftersom den är osäker i stora delar av landet är skulltorkning, gärna med tillsatsvärme, mera tillförlitlig. Stjälkkrossning är ofördelaktigt, eftersom mikroorganismer kan skyddas i den skördade vävnaden. Växtsaften som läcker ut kan även befrämja tillväxt av mikroorganismer.

Om man trots allt har anledning att misstänka, att det foder man har kan vålla hälsostörningar, bör man provutfodra det åt t.ex. sinkor eller ungnöt, innan det används i någon större utsträckning. Om möjligt bör sådant foder inte ges åt unga eller högproducerande djur, vilka är speciellt känsliga. Det kan vara betydelsefullt att försöka undvika, att foder av sämre kvalitet kommer i kontakt med fullgott foder.

I princip gäller samma regler för grödor som är avsedda som människoföda. Värmebehandling, inläggningar m.m. avdödar merparten av mikroorganismerna. Även här bör man handskas med förorenade grödor så att de inte kontaminerar andra födoämnen.

## SAMMANFATTNING

Av den genomgångna litteraturen framgår, att det kan finnas vissa risker med att använda förorenat vatten till bevattning. Sjukdomsalstrande organismer från avloppsvatten kan passera reningsverk och överföras med bevattningsvatten till grödan. De risker som kan föreligga är dock mindre än vad man skulle kunna förvänta med tanke på mikroorganismernas allmänna förekomst.

De svenska erfarenheterna är ganska begränsade enligt en rundförfrågan till länsveterinärerna. Det finns hittills inga säkert belagda fall där bevattningsvatten av dålig hygienisk kvalitet direkt skulle ha förorsakat några hälsoproblem.

I utlandet är erfarenheterna betydligt större. I ett flertal länder finns det, i motsats till i Sverige, normer uppställda som reglerar användningen av sådant vatten. I det föregående har särskilt de västtyska, israeliska och amerikanska normerna mera utförligt redovisats.

För svenska förhållanden med i allmänhet gott hälsoläge och höggradigt renade avloppsvatten bör mot bakgrund av de refererade normerna ytvatten kunna användas till bevattning av spannmål, oljeväxter, rotfrukter, industripotatis, vallar och grönfoderväxter. Ifråga om vallar och grönfoderväxter kan 1-2 veckors uppehåll mellan sista bevattning och skörd/betning vara befogat, om det finns avloppsutsläpp nära vattenuttaget.

Till matpotatis och grönsaker som kokas före konsumtion samt speciellt till grönsaker och frukt som äts i rått tillstånd är det mera väsentligt med en god vattenkvalitet. Hygieniska vattenanalyser kan då användas som grund för en bedömning, vilken i avvaktan på svenska regler kan ske enligt de refererade utländska normerna. Exempel på försiktighetsåtgärder som kan vidtas för att minska riskerna vid användning av förorenat bevattningsvatten ges i avsnittet Praktiska råd och anvisningar.

## REFERENSER

1. Jepsen, A. & Roth, H. 1950. Parasitologiske og bakteriologiske problemer vedrørende spildevand, specielt i forbindelse med oversprøjtningsmetoden. Nord. Vet Med., 2:967-991.
2. Andre, D.A., Weiser, H.H. & Malaney, G.W. 1967. Survival of bacterial enteric pathogens in farm pond water. J. Am. Wat. Wks Ass., 59:503-508.
3. Harmsen, H. 1958. Ist die Abwasserverrechnung von hygienischem Standpunkt vertretbar? Umschau, 58:49-50.
4. Kreuz, A. 1955. Hygienische Beurteilung der landwirtschaftlichen Abwasser-  
verwertung. Gesundheitsingenieur, 76:206-211.
5. Gerba, C.P., Wallis, C. & Melnick, J.L. Viruses in water: the problem, some solutions. Environ. Sci. and Technol., 13:1122-1126.
6. Rudolfs, W., Falk, L.L. & Ragotzkie, R.A. 1950. Literature review on the occurrence and survival of enteric, pathogenic, and relative organisms in soil, water, sewage, and sludges, and on vegetation. I. Bacterial and virus diseases. Sewage ind. Wastes, 22:1261-1281.
7. Poch, M. 1969. Über die physikalische und biologische Reinigungskraft des Bodens gegenüber pathogenen Darmbakterien. Z. ges. Hyg., 15:438-441.
8. Slam som jordförbättringsmedel. 1970. Betänkande avgivet av Socialstyrelsens slamkommitté. UDK 628.36/38. Stockholm.
9. World Health Organization. 1973. Reuse of effluents: Methods of wastewater treatment and health safeguards. Tech. Rep. Ser. Wld Hlth Org., 517.
10. Jørgensen, B.V. 1962. The occurrence of Salmonella in domestic sewage and abattoir wastes with special reference to the epidemiology. K. Vet.- og Landbohøisk. Aarskr.:1-38.
11. Kutera, J. 1967. Beregning von Weiden mit städtischen Abwässern auf der Versuchsstation in Kamieniec Wroclawski. Z. Landeskultur, 8:201-222.
12. Unger, H., Schmauder, G., Schönherr, W. & Herrnleben, H-G. 1967. Hygienische Befunde und Weideleistungen während eines mehrjährigen Abwasserverwertungsversuches auf Auegrunland. Z. Landeskultur, 8:189-199.
13. Köser, A. 1967. Die tierhygienische Seite der landwirtschaftlichen Abwasser- und Abwasserschlammsverwertung. Från Skriftenr. Kurat. Kulturbauwesen, 16:25-42.

14. Schellner, H. 1959. Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Tuberkelbakterien des Abwassers auf berechneten Weideflächen. Mh. Tierheilk., 8(11): 51-59.
15. Freytag, B. 1967. Landwirtschaftliche Abwasser- und Abwasserschlämmentwertung in hygienischer Sicht. Från Schriftenr. Kurat. Kulturbauwesen, 16:9-24.
16. Piening, C. 1955. Durch Fäkalabwasser verseuchtes Heu - Ursache des sogenannten Kälbertypus. Städtehygiene, 9:180-181.
17. Stanford, G.B. & Tuburan, R. 1974. Morbidity risk factors from spray irrigation with treated wastewaters. Wastewater Use in the Production of Food and Fiber - Proc., EPA-660/2-74-041:56-65. US Environmental Protection Agency. Washington.
18. Statens Livsmedelsverks Författningssamling, 1975, 1. Livsmedelslag, 16 §.
19. Bewässerung und Verwendung von Abwasserrückständen, hygienische Richtlinien. Deutsche Normen, DIN 19 650. 1956.
20. Bewässerung, hygienische Belange. Entwurf, DIN 19 650. 1975.
21. Committee on water quality criteria. 1972. Water quality criteria, EPA-R3-73-033. US Environmental Protection Agency. Washington.
22. Smith, L.S. 1969. Public health aspects of water pollution control. Water Pollution Control, 68:544-549.
23. Arlosoroff, S. 1976. Irrigation equipment and methods, trends and forecasts. Report to the FAO/ECA working party on irrigation and drainage. FAO Miscellaneous Reports, W/H 8108.
24. Kungl. Medicinalstyrelsen. 1966. Bakteriologiska vattenundersökningar. Meddelande nr 112.
25. Rennerfelt, J. & Ulmgren, L. 1975. Vattenreningsteknik. Ingenjörsbolaget. Stockholm.
26. Bryan, F.L. 1975. Health hazards from land application of wastes. Sprinkler irrigation association. Annual technical Conference - Proc.:145-175.
27. Laurell, G. 1972. Medicinska aspekter och gränsvärden. Från Praktisk Miljökunskap, Vattenmiljön (ed. Agerstrand m.fl.), 465-475. Natur och Kultur. Stockholm.
28. Geldreich, E.E. 1972. Water-borne pathogens. Från Water Pollution Microbiology (ed. R. Mitchell), 207-241. Wiley-Interscience. New York.
29. Ronéus, O. & Dalborg, G. 1977. Förekomst av parasitägg i slam och utgående vatten från avloppsreningsverk. SNV PM 812. Statens Naturvårdsverk.

30. Culp, R.L. 1971. Viruses and bacterial removal in advanced wastewater treatment. Public Works, 102:84-88.

31. Steensberg, J. 1966. Hygiejniske problemer ved vandning med spildevand i gartneri og lantbruk. Tidskrift för Ökonomi, 2:85-97.

Förteckning över utgivna häften från nr 92 i publikationsserien  
LANTBRUKSHÖGSKOLAN, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

(Separat förteckning över häftena 1-100 finns vid Avdelningen för  
hydroteknik, SLU, 750 07 Uppsala 7)

- 92 Sandsborg, J. 1976. Dränering av byggnadsgrunder. 26 bl.
- 93 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1976. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. V: Göteborgs- och Bohus län samt Älvsborgs län. 65 bl.
- 94 Wikner, Å. 1976. Bevattningsföretagen och vattenlagen. 13 bl.
- 95 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. I. En sammanfattning av avkunnade ytvattendomar. 24 bl.
- 96 Svenmar, S. 1976. Vattendomar med anknytning till bevattning. II. En sammanfattning av avkunnade grundvattendomar. 14 bl.
- 97 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del I. Exemplifierande, analyserande och sammanfattande text, tabeller och diagram. 43 bl.
- 98 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del II. Grundmaterial: tabeller och diagram. Jordar med enkelkornstruktur; rotspärr. Jordar med aggregatstruktur; ingen rotspärr. 109 bl.
- 99 Wiklert, P. 1977. Studier av de odlade jordarnas vattenhushållning. Del III. Grundmaterial: Tabeller och diagram. Jordar med aggregatstruktur; rotspärr. Jordar med enkelkorn- eller aggregatstruktur. 94 bl.
- 100 Johansson, W. & Klingspor, P. 1977. Bevattning inom lantbruket 1976. Bevattnad areal, vattenåtgång och vattentäkter. 76 bl.
- 101 Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. 1977. Resultat av 1976 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 20+77+7 bl.
- 102 Berglund, G. 1977. Mikroaggregatanalysen som testmetod vid strukturbalkning. 113 bl.
- 104 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del II. Norrbottens, Västerbottens, Västernorrlands och Jämtlands län. 98 bl.
- 105 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del III. Gävleborgs, Kopparbergs och Värmlands län. 89 bl.
- 106 Andersson, S. & Wiklert, P. 1977. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. En faktasammanställning. Del IV. Älvsborgs och Göteborgs- och Bohus län. 72 bl.

Förteckning över utgivna häften i fortsättningsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.  
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. STENCILTRYCK.

- 103 Persson, R. 1977. Skorpbildning på struktursvaga jordar vid olika bevattningsintensitet och droppstorlek. 43 bl.
- 107 Jonsson, E. 1977. Bevattning med förorenat vatten. Hygieniska risker för människor och djur. En litteraturstudie. 30 bl.